

## 明 細 書

小型姿勢検知センサ及び、この小型姿勢検知センサを搭載した携帯電話

### 技術分野

[0001] 本発明は、方位及び傾斜を検知する小型姿勢検知センサ及び、この小型姿勢検知センサを搭載した携帯電話に関する。

### 背景技術

[0002] 従来、方位検出及び姿勢検出を可能とした姿勢検知センサとしては、例えば、3軸の磁気センサ部と2軸以上の加速度センサ部とを組み合わせたものがある。例えば、ホール素子を利用した磁気センサ部と、作用する重力に応じて変位する重り部の変位を計測するための応力検知素子を含む加速度センサ部とを組み合わせ構成されている(例えば、特許文献1参照。)

[0003] 特許文献1:特開2003-172633号公報

[0004] しかしながら、上記従来の姿勢検知センサでは、次のような問題がある。すなわち、上記姿勢検知センサでは、計測原理が全く異なる上記磁気センサ部及び上記加速度センサ部を効率良く配置するのが難しく、センサ全体の体格を十分に小型化できないおそれがある。さらに、上記磁気センサ部及び上記加速度センサ部は、計測信号を処理するための電子回路として、全く別設計の電子回路を必要とする。そのため、少なくとも2種類の電子回路が必要となる上記姿勢検知センサは、十分に小型化できないおそれがある。

### 発明の開示

#### 発明が解決しようとする課題

[0005] 本発明は、上記従来の問題点に鑑みてなされたものであり、方位検出と傾斜検出を可能とした小型姿勢検知センサを提供しようとするものである。

#### 課題を解決するための手段

[0006] 第1の発明は、互いに直交する3軸方向の磁界強度を検出する3基の磁気センシング部と、互いに直交する2軸周りの傾斜角度を検出する2基の傾斜センシング部とを

有し、

該傾斜センシング部は、傾斜角度に応じて変位するよう構成された磁石体を有するカンチレバーと上記磁石体の変位の変化量を検知する磁気検出ヘッドとからなり、

上記3基の磁気センシング部と上記2基の磁気検出ヘッドとは同種類の磁気検出素子からなり、

これら合計5基の磁気検出素子を制御する少なくとも1個以上の電子回路と、上記3基の磁気センシング部と、上記2基の傾斜センシング部とを、一つのパッケージにモジュール化してなることを特徴とする小型姿勢検知センサにある。

[0007] 上記第1の発明の小型姿勢検知センサは、上記のごとく、互いに直交する3軸方向の磁界強度を検出する3基の磁気センシング部と、互いに直交する2軸周りの傾斜角度を検出する2基の傾斜センシング部と、上記各磁気センシング部及び上記各傾斜センシング部の磁気検出ヘッドを制御する電子回路とを、一つのパッケージに配置してモジュール化してなる。

[0008] 上記2基の傾斜センシング部によれば、上記互いに直交する2軸により規定される平面の傾斜角を検出できる。そして、上記3基の磁気センシング部によれば自転角、すなわち、上記傾斜角には関係なく、その場で自転するような回転角を検出することができる。すなわち、上記2個1組の傾斜センシング部と、上記3個1組の磁気センシング部との組み合わせによれば、上記小型姿勢検知センサの方位及び傾斜角を検知することができる。

[0009] 上記小型姿勢検知センサでは、上記3基の磁気センシング部と、上記2基の傾斜センシング部とをモジュール化してある。そのため、上記小型姿勢検知センサでは、上記各傾斜センシング部及び上記各磁気センシング部を個別に搭載する場合と比べて全体の消費電力を抑制でき、かつ、小型に構成することができる。

さらに、モジュール化した上記小型姿勢検知センサによれば、上記各磁気センシング部及び上記各傾斜センシング部の相対的な軸精度を高く維持でき、方位及び傾斜角の計測精度をさらに向上することができる。

[0010] また、上記3基の磁気センシング部と上記2基の磁気検出ヘッドとは同種類の磁気検出素子からなる。そのため、これらの磁気検出素子を制御する電子回路は同一原

理で駆動させることができる。その結果、小型姿勢検知センサの簡素化、小型化を容易に行うことができる。

[0011] 以上のように、第1の発明の小型姿勢検知センサは、小型、高い軸精度かつ低消費電力の優れた特性を有するものである。

[0012] 第2の発明は、姿勢情報を検出する磁気検知センサと、中央演算処理ユニットと、動作プログラムを格納するメモリ素子とを有してなり、

上記磁気検知センサが、上記第1の発明の小型姿勢検知センサであり、

上記中央演算処理ユニットが、上記磁気検知センサの出力信号を取り込み、上記動作プログラムで規定された所定の動作を実行するように構成されていることを特徴とする携帯電話にある。

[0013] 上記第2の発明の携帯電話では、搭載した上記小型姿勢検知センサを用いて、上記携帯電話の方位及び傾斜角を精度高く検知できる。そして、上記携帯電話における上記中央演算処理ユニットは、上記磁気検知センサの出力信号、すなわち上記の姿勢や方位等の情報を取り込み、上記動作プログラムに沿った所定の動作を実行するように構成してある。

[0014] 上記所定の動作としては、例えば、上記の姿勢情報に基づく所定の方向へ、画面をスクロールする、カーソルを移動させる等の動作がある。また、上記所定の動作としては、所定の姿勢変化が生じたとき、例えば、ローテーションが生じたときやシェークされたときに、通話を開始させる、通話を終了する、或いは、受信メールを開く等の動作もある。

[0015] このように上記小型姿勢検知センサの出力信号に基づいて上記携帯電話が所定の動作を実行するように構成すれば、キー操作によらない携帯電話の入力情報として、あるいは、キー操作と協調した携帯電話の入力情報として上記姿勢情報を利用することができる。

さらに、例えば、上記所定の動作としては、上記小型姿勢検知センサの出力信号を、例えば、RAMやROM等の上記メモリ素子に格納する動作等もある。この場合には、上記メモリ素子に格納した上記出力信号の経時的な変化に基づいて、上記携帯電話を使用する使用者の動きを把握することも可能である。

## 図面の簡単な説明

- [0016] [図1]実施例1における、小型姿勢検知センサを示す斜視図。
- [図2]実施例1における、磁気センシング部を示す正面図。
- [図3]実施例1における、磁気センシング部の断面構造を示す断面図。
- [図4]実施例1における、磁気センシング部を説明する斜視図。
- [図5]実施例1における、電磁コイルを説明する斜視図。
- [図6]実施例1における、磁気センシング部用のICチップの電子回路を示す等価回路図。
- [図7]実施例1における、アモルファスワイヤに通電するパルス電流と、電磁コイルに発生する誘起電圧との関係を示すグラフ。
- [図8]実施例1における、磁気センシング部用のICチップの電子回路を示す回路図。
- [図9]実施例1における、傾斜センシング部における磁石体周辺を示す上面図。
- [図10]実施例1における、傾斜センシング部用のICチップの電子回路を示す回路図。
- [図11]実施例1における、2個の電子回路を用いて5基の磁気検出素子を制御する場合の回路構成を示すブロック図。
- [図12]実施例1における、磁気センシング部と傾斜センシング部とが共用するICチップの電子回路を示す回路図。
- [図13]実施例1における、1個の電子回路を用いて5基の磁気検出素子を制御する場合の回路構成を示すブロック図。
- [図14]実施例2における、小型姿勢検知センサを示す上面図。
- [図15]実施例2における、小型姿勢検知センサの断面構造を示す断面図（図14におけるB－B線矢視断面図。）
- [図16]実施例3における、携帯電話を示す一部カット図。
- [図17]実施例4における、小型姿勢検知センサの平面図。
- [図18]図17のA－A線矢視断面図。
- [図19]実施例4における、傾斜感知部品及びストッパーの平面図及び断面図。
- [図20]実施例4における、ストッパーの機能を説明するの傾斜感知部品及びストッパ

一の平面図。

[図21]実施例4における、傾斜感知部品を示す斜視図。

[図22]実施例4における、支持部材を示す斜視図。

### 発明を実施するための最良の形態

- [0017] 上記第1の発明の小型姿勢検知センサは、携帯電話等の携帯機器の他、自動車や、自律移動ロボットや、ロボットのマニピレータ等の制御に利用することもできる。
- [0018] また、上記3基の磁気センシング部を構成する磁気検出素子及び上記2基の磁気検出ヘッドを構成する磁気検出素子は、マグネト・インピーダンス・センサ素子(以下、適宜「MI素子」という)からなることが好ましい。
- [0019] 即ち、上記磁気センシング部及び上記磁気検出ヘッドは、感磁体と該感磁体の外周側に巻回した電磁コイルとを含み、上記感磁体に通電する電流の変化に応じて上記電磁コイルの両端に電位差を発生するMI素子よりなることが好ましい。
- そして、上記カンチレバーは、短冊状の梁形状からなり、一方の端部を支持ポストを介して上記パッケージの基板に配設し、他方の端部に上記磁石体を配設し、上記カンチレバーの主面の法線方向に回転する片持梁状を呈し、その回転方向が上記基板の表面に平行となるよう配設されていることが好ましい。
- [0020] 上記「回転」とは、カンチレバーが撓むことにより、カンチレバーの自由端(磁石体を設けた方の端部)が変位し角度変化することを意味する。なお、このカンチレバーの撓みや自由端の変位等は僅かな量であり、例えば、カンチレバーの自由端の変位は、カンチレバーの長さの10分の1程度以下である。
- [0021] また、上記感磁体に通電する電流の変化に応じて電磁コイルに誘起電圧を生じる現象は、マグネト・インピーダンス現象(以下、適宜「MI現象」という)と呼ばれるものである。このMI現象は、供給する電流方向に対して周回方向に電子スピン配列を有する磁性材料からなる感磁体について生じるものである。この感磁体の通電電流を急激に変化させると、周回方向の磁界が急激に変化し、その磁界変化の作用によって周辺磁界に応じて電子のスピン方向の変化が生じる。そして、その際の感磁体の内部磁化及びインピーダンス等の変化が生じる現象が上記のMI現象である。
- [0022] そして、MI素子とは、供給する電流方向に対して周回方向に電子スピン配列を有

する磁性材料からなる感磁体を利用するものである。この感磁体の通電電流を急激に変化させると、周回方向の磁界が急激に変化し、その磁界変化の作用によって周辺磁界に応じて電子のスピン方向の変化が生じる。そして、その際の感磁体の内部磁化及びインピーダンス等の変化を感磁体に生じる電圧もしくは電流又は、感磁体の外周に配置した電磁コイルの両端に発生する電圧もしくは電流等に変換するよう構成した素子がMI素子である。そして、例えば、このMI素子と電子回路とを組み合わせたものがMIセンサと呼ばれるものである。

[0023] そして、上記感磁体に通電する電流の変化に応じて上記電磁コイルの両端に電位差を発生するMI素子により上記磁気センシング部或いは上記磁気検出ヘッドを構成した場合には、高感度な磁気検出が可能となり、精度良く上記磁石体の変位を検出することができる。なお、上記感磁体としては、例えば、線状に形成したものや、薄膜状に形成したものがある。また、上記感磁体の材質としては、FeCoSiB、NiFe等がある。

[0024] そして、上記MI素子により上記磁気センシング部を構成した場合には、上記各軸方向に沿う上記磁界強度を高い精度で計測することができる。さらに、上記傾斜センシング部における磁気検出ヘッドをMI素子により構成した場合には、上記パッケージの基板の傾斜角、すなわち、上記カンチレバーの長手方向に沿う軸回りの回転角を精度良く検出することができる。

[0025] また、上記磁石体は、互いに磁化方向が逆向きの第1の磁石体と第2の磁石体とを組み合わせることで好ましい。

この場合には、上記第1の磁石体及び上記第2の磁石体に、互いに逆向きの磁気モーメントを発生させることができる。そして、互いに逆向きの磁気モーメントを呈する上記各磁石体に周辺磁界が作用したとき、各磁石体に互いに逆向きのトルクを生じさせることができる。それ故、上記第1の磁石体のトルクによる上記カンチレバーの変位方向と、上記第2の磁石体のトルクによる上記カンチレバーの変位方向とが逆となり、相互に相殺して、周辺磁界の影響によるカンチレバーの変位及び上記磁石体の変位を抑制することができる。

[0026] また、上記磁気センシング部及び上記磁気検出ヘッドは、上記感磁体に通電する

電流を10ナノ秒以下で立ち上げたとき、或いは、立ち下げたときに、上記電磁コイルの両端に発生する誘起電圧の大きさを計測することで作用する磁界強度を計測し得るように構成されていることが好ましい。

- [0027] この場合には、上記のような急激な通電電流の変化により、上記感磁体について、電子スピン変化の伝播速度に近い速度に見合う周回方向の磁場変化を生じさせることができ、それにより十分なMI現象を発現させることができる。

そして、10ナノ秒以下で通電電流の立ち上げあるいは立ち下げを実施すれば、およそ0.1GHzの高周波成分を含む電流変化を上記感磁体に作用することができる。そして、上記電磁コイルの両端に発生する誘起電圧を計測すれば、周辺磁界に応じて上記感磁体に生じる内部磁界変化を、上記誘起電圧の大きさとして計測でき、さらに精度良く周辺磁界の強度を計測することができる。ここで、通電電流の立ち上げ或いは立ち下げとは、例えば、上記MI素子に通電する電流の電流値を、定常電流値の10(90)%以上から90(10)%以下に変化させることをいう。

- [0028] また、上記磁気検出ヘッドは、上記感磁体に通電する電流を立ち下げたときに上記電磁コイルの両端に発生する誘起電圧を計測するように構成されていることが好ましい。

通電電流を立ち上げる場合に比べて、通電電流を急激に立ち下げる場合は、磁界の強さに対して上記磁気検出ヘッドの計測信号の直線性が良好になる。

- [0029] また、上記基板は、少なくとも上記磁気センシング部のうち上記基板の法線方向の磁界強度を検出する垂直磁気センシング部を配置する第1の基板と、該第1の基板に保持された第2の基板とよりなり、

上記垂直磁気センシング部は、上記第1の基板の実装表面に、上記第2の基板と並列して配置されていることが好ましい。

ここで、上記第1の基板の実装表面において、上記垂直磁気センシング部と上記第1の基板とを並列して配置するとは、上記第2の基板によって実装高さが制限されていない部分に上記垂直磁気センシング部を配置するということを意味している。

- [0030] そして、上記の場合には、上記第1の基板の実装表面において、高さ方向の寸法が大きい上記垂直磁気センシング部と、上記第2の基板とを並列して配置することで

、上記小型姿勢検知センサの高さ方向のスペースを有効に活用できる。そのため、上記小型姿勢検知センサは、内部素子の実装密度の高い小型のものとなる。

- [0031] また、上記小型姿勢検知センサは、上記カンチレバーの自由端の回転方向に、上記カンチレバーの過変位を防ぐストッパーを配設してなることが好ましい。

この場合には、小型姿勢検知センサに大きな衝撃が加わって、カンチレバーに大きな力が加わった場合にも、カンチレバーの自由端が上記ストッパーに当接することにより、必要以上の変位（過変位）を防ぐことができる。これにより、カンチレバーの変形、破損を防ぐことができる。

また、上記ストッパーは、上記カンチレバーの自由端の回転方向の片側にのみ設けてもよいし、両側に設けてもよい。

- [0032] また、上記ストッパーの少なくとも一方は、上記支持ポストと一体化されていることが好ましい。

この場合には、小型姿勢検知センサの部品点数を少なくすることができ、組み付け容易性、コスト面において有利となる。

- [0033] また、上記小型姿勢検知センサは、切替スイッチを有する上記電子回路を2個用いて時分割して、上記5基の磁気検出素子を制御するよう構成してあることが好ましい。

即ち、上記電子回路は、上記各磁気センシング部を制御する第1の電子回路と、上記各傾斜センシング部を制御する第2の電子回路とからなり、上記第1の電子回路は、時分割で上記3基の磁気センシング部を制御するように構成してあり、上記第2の電子回路は、時分割で上記2基の傾斜センシング部を制御するように構成してあることが好ましい。

ここで、「時分割で制御」とは、磁気センシング部もしくは傾斜センシング部を、所定の時間ごとに順次切り替えて制御することを意味する。

- [0034] この場合には、上記3基の磁気センシング部で上記第1の電子回路を共用し、さらに、上記2基の傾斜センシング部で上記第2の電子回路を共用することで、上記小型姿勢検知センサ全体の体格を小型化できると共に、その消費電力を抑制できる。それ故、上記小型姿勢検知センサは、例えば、電子基板への実装性が向上する。

- [0035] また、上記電子回路は、上記3基の磁気センシング部及び上記2基の傾斜センシ



グ部を時分割で制御するように構成してあることが好ましい。

この場合には、上記各磁気センシング部及び上記各傾斜センシング部を構成する全ての上記MI素子を時分割で制御するように上記電子回路を構成することで、該電子回路の回路規模を小規模にすることができる。

- [0036] また、切替スイッチを有する上記電子回路を1個用いて時分割して、上記5基の磁気検出素子を制御するよう構成してあることが更に好ましい。

この場合には、上記3基の磁気センシング部と上記2基の傾斜センシング部の磁気検出ヘッドとの全てが1つの電子回路を共用することとなり、姿勢検知センサ全体の更なる小型化を容易に行うことができると共に、その消費電力を抑制することができる。

- [0037] また、上記電子回路では、上記3基の磁気センシング部のうちの少なくともいずれかの計測信号を用いて、上記各磁気検出ヘッドの計測信号を補正することが好ましい。

即ち、上記電子回路では、上記各磁気検出ヘッドの計測信号を、当該磁気検出ヘッドと同じ方向(感度方向)の上記磁気センシング部の計測信号を用いて補正することが好ましい。

この場合には、上記磁気センシング部の検出信号を利用すれば、上記各傾斜センシング部の検出信号のうち、例えば、地磁気等の周辺磁界による影響を排除でき、その計測精度を格段に向上することができる。

- [0038] 具体的には、上記傾斜センシング部の上記磁気検出ヘッドが測定した磁界の値から、上記磁気検出ヘッドと平行に配置された磁気センシング部が測定した磁界の値を差し引き補正する機能を有することが好ましい。

例えば、上記3基のうちの2基の磁気センシング部が、上記2基の傾斜センシング部の磁気検出ヘッドのそれぞれに対して平行に配置されており、互いに平行な磁気検出ヘッドと磁気センシング部とがそれぞれ検出した磁界の値を上述のごとく差し引き補正する。これにより、容易に精確に周辺磁界の影響を排除する補正を行うことができる。

- [0039] また、上記小型姿勢検知センサは、表面実装用のチップであることが好ましい。

この場合には、上記小型姿勢検知センサは、例えば、電子基板等への実装性がさらに良好になる。

また、上記小型姿勢検知センサは、縦6mm以下、横6mm以下、高さ2mm以下の小型の表面実装用のチップからなることが好ましい。この場合には、上記小型姿勢検知センサの更なる小型化を実現し、電子基板等への実装性の更なる向上を図ることができる。

### 実施例

#### [0040] (実施例1)

本例は、小型かつ省電力の小型姿勢検知センサに関する例である。この内容について、図1～図13を用いて説明する。

本例の小型姿勢検知センサ1は、図1に示すごとく、互いに直交する3軸方向の磁界強度を検出する3基の磁気センシング部41、42、43と、互いに直交する2軸周りの傾斜角度を検出する2基の傾斜センシング部2a、2bとを有する。

該傾斜センシング部2a、2bは、傾斜角度に応じて変位するよう構成された磁石体21を有するカンチレバー22と上記磁石体21の変位の変化量を検知する磁気検出ヘッド23とからなる。

#### [0041] 上記3基の磁気センシング部41、42、43と上記2基の磁気検出ヘッド23とは同種類の磁気検出素子からなる。

これら合計5基の磁気検出素子を制御する少なくとも1個以上の電子回路と、上記3基の磁気センシング部41、42、43と、上記2基の傾斜センシング部23とを、一つのパッケージにモジュール化してなる。

以下に、この内容について、詳しく説明する。

#### [0042] 本例の小型姿勢検知センサ1における磁気センシング部41～43は、矩形状を呈する基板10の直交する2辺に沿う2軸と、該2軸に直交する軸(基板10の法線方向の軸)との3軸方向の磁界強度をそれぞれ検出するように配置してある。また、傾斜センシング部2a、2bは、図1に示すごとく、矩形状を呈する基板10の直交する2辺に沿う2軸に対する傾斜角度を検出するように配置してある。さらに、基板10の表面には、磁気センシング部制御用の電子回路であるICチップ14と、傾斜センシング部制御用

の電子回路であるICチップ12とを配置してある。なお、以下の説明では、基板10の直交する2辺に沿う軸をX軸10a及びY軸10bとし、基板10の法線方向の軸をZ軸10cとした。

- [0043] 本例の各磁気センシング部41～43は、感磁体44として長さ1mm、線径20ミクロンの $\text{Co}_{68.1}\text{Fe}_{4.4}\text{Si}_{12.5}\text{B}_{15.0}$ 合金からなるアモルファスワイヤ(以下、適宜アモルファスワイヤ44と記載。)を利用したものである。磁気センシング部41～43は、図2及び図3に示すごとく、アルモルファスワイヤ44に外挿したチューブ状の絶縁樹脂46の外周側に、内径200ミクロン以下の電磁コイル45を巻回したものである。
- [0044] すなわち、本例の磁気センシング部41～43は、周辺磁界の強度に応じてインピーダンスが大きく変化するという、感磁体としてのアモルファスワイヤ44が発揮するMI(Magneto-impedance)現象を利用したものである。そして、本例では、アモルファスワイヤ44にパルス状の電流(以下、適宜パルス電流と記載する。)を通電したときに電磁コイル45に生じる誘起電圧を計測することで、周辺磁界の強度を検出している。
- [0045] 上記MI現象を利用したMI素子(本例では、磁気センシング部41～43。)は、感磁体としてのアモルファスワイヤ44の通電電流を急激に変化させたときの電子スピン方向の変化に伴う感磁体の内部磁化及びインピーダンス等の変化を、アモルファスワイヤ44の外周に配置した電磁コイル45の両端に発生する電圧(誘起電圧)に変換するように構成されている。そして、本例の磁気センシング部41～43は、感磁体としてのアモルファスワイヤ44の長手方向に磁気検出感度を有している。
- [0046] この磁気センシング部41～43は、図4及び図5に示すごとく、深さ5～200ミクロンの断面矩形状を呈する溝状の凹部470を設けた素子基板47上に形成してある。この凹部470の内周面のうちの相互に対面する各溝側面470aには、溝方向に直交するCuベースからなる導電パターン45aを均一ピッチで複数、配設してある。また、凹部470の溝底面470bには、対面する溝側面470aにおける1ピッチずれた導電パターン45aを電氣的に接続する導電パターン45bを溝方向に対して斜めに設けてある。
- [0047] 各溝側面470a及び溝底面470bに導電パターン45a、45bを配設した凹部470の内部には、エポキシよりなる絶縁樹脂46(図5では、図示略。図3参照。)中に、感磁

体としてのアモルファスワイヤ44を埋設してある。そして、凹部470に充填した絶縁樹脂46の外表面には、相互に対面する溝側面470aの導電パターン45aを電氣的に接続する導電パターン45cを、溝方向と直交して設けてある。そして、導電パターン45a、45b、45cが、全体として、らせん状の電磁コイル45を形成している。

- [0048] なお、本例では、凹部470の内周面470a、470bの全面に、導電性の金属薄膜(図示略。)を蒸着したのち、エッチング処理を実施して導電パターン45a及び45bを形成した。また、導電パターン45cは、絶縁樹脂46の表面に導電性の金属薄膜(図示略。)を蒸着したのち、エッチング処理を実施して形成した。
- [0049] 本例の電磁コイル45の捲線内径は、凹部470の断面積と同一断面積を呈する円の直径である円相当内径である66ミクロンとしてある。そして、電磁コイル45の単位長さ当たりの捲線間隔は、50ミクロン／巻としてある。なお、本例では、上記各磁気センシング部41～43としては、全く同一仕様のものを用い、アモルファスワイヤ44の長手方向を、それぞれ、X軸10a方向、Y軸10b方向、Z軸10c方向としてある。
- [0050] 上記各磁気センシング部41～43を制御する磁気センシング部用のICチップ14は、図6に示すごとく、アモルファスワイヤ44に入力するパルス電流を生成する信号発生器141と、電磁コイル45の誘起電圧 $e$ (図7(b))に応じた計測信号を出力する信号処理部142とを含む電子回路を有してなる。信号発生器141は、通電時間40nsec、パルス間隔5マイクロsecのパルス電流を生成するように構成してある。さらに、本例の信号発生器141は、パルス電流の立ち下がりに同期したトリガー信号を、信号処理部141のアナログスイッチ142aに向けて出力するように構成してある。
- [0051] 信号処理部142は、上記トリガー信号に同期して、電磁コイル45と信号処理部142との間の電氣的な接続をオンオフするアナログスイッチ142a及び該アナログスイッチ142aを介して電磁コイル45と接続したコンデンサ142cを含み、いわゆるピークホールド回路として機能する同期検波回路と、増幅器142bとを組み合わせ構成したものである。
- [0052] ここで、本例の磁気センシング部41～43による磁気検出方法について、簡単に説明しておく。この磁気検出方法は、この磁気検出方法は、図7に示すごとく、アモルファスワイヤ44に通電したパルス電流(同図(a))の立ち下がり時に、電磁コイル45に

発生する誘起電圧 $e$ (同図(b))を計測するものである。なお、本例では、パルス電流が、定常値(電流値150mA。)の90%から10%に立ち下がる遮断時間を4ナノ秒とした。

- [0053] すなわち、図7に示すごとく、磁界中に置かれたアモルファスワイヤ44に通電したパルス電流が遮断された瞬間には、磁界のうちアモルファスワイヤ44の長手方向成分に比例した大きさの誘起電圧 $e$ が電磁コイル45の両端に発生する。本例のICチップ14では、電磁コイル45の誘起電圧 $e$ が、上記トリガー信号によりONとされたアナログスイッチ142aを介してコンデンサ142cに蓄積され、さらに、増幅器142bで増幅されて出力端子145から出力される。

本例の各磁気センシング部41～43は、以上のように、アモルファスワイヤ44の長手方向に作用する磁界の強度に応じた出力信号を、ICチップ14を介して外部に出力する。

- [0054] なお、本例の磁気センシング部用のICチップ14は、図8に示すごとく、信号発生器141と各磁気センシング部41～43の感磁体44との間の電気経路及び、信号処理部142と各電磁コイル45との間の電気経路を切り替える電子スイッチ148を設けてある。これにより、本例では、X軸10a、Y軸10b、Z軸10c(図1参照。)の各軸に沿う磁界の強度を計測する3基の磁気センシング部41～43について、2msごとに切り替えて磁気センシング部用のICチップ14を時分割で共用している。なお、切替時間の2msは一例であり、2msよりも短くても長くてもよい。

- [0055] 本例の傾斜センシング部2a、2bは、図1に示すごとく、自由端に磁石体21を配設した片持梁構造のカンチレバー22と、その磁石体21が生じる磁界強度を検出する磁気検出ヘッド23を含むものである。そして、この傾斜センシング部2a、2bは、傾斜角に応じてカンチレバー22に働く重力の大きさを、自由端に配設した磁石体21の変位として顕在化し、その変位による磁界強度の変化を磁気検出ヘッド23により検出するように構成してある。

- [0056] カンチレバー22は、同図に示すごとく、基板10の表面の法線方向に突出して配設した支持ポスト28により、長手方向の一方の端部を支持された片持梁構造を呈する弾性体である。そして、その自由端、すなわち支持ポスト28の反対側の端部には、磁

石体21を配設してある。本例のカンチレバー22は、材質NiPよりなり、幅0.3mm、長さ1.5mm、厚さ5ミクロンの矩形板状を呈するものである。さらに、本例では、厚さ方向の力に対する剛性を低下させて磁石体21の変位量を拡大できるよう、支持ポスト28側の付け根部分から自由端の手前0.38mmに至る位置にかけて、幅0.22mmの長孔220を設けてある。

- [0057] 本例では、上記の長孔220を設けることにより、カンチレバー22の固有振動数をおよそ50Hz以上60Hz以下の範囲に設定した。なお、本例では、カンチレバーの側面に上記長孔220を設けたが、これに代えて、開口部を持たない平板状のカンチレバーを適用することもできる。
- [0058] 磁石体21は、カンチレバー22の自由端側の端部の側面に配設してある。本例では、この側面に、磁石体塗料を塗布し、その後、乾燥及び硬化後に着磁することにより上記磁石体21を形成した。ここで、本例では、図9(a)に示すごとく、N極が外方を向く第1の磁石体21aと、S極が外方を向く第2の磁石体21bとを、カンチレバー22の長手方向に沿って隣接して配置してある。すなわち、第1の磁石体21aと第2の磁石体21bとでは、磁化方向Mが互いに逆向きであり、互いに逆方向の磁気モーメントを発生する。
- [0059] そのため、本例の磁石体21を磁界中に置いたとき、第1の磁石体21aと第2の磁石体21bとに逆向きのトルクが作用する。それ故、各磁石体21a、21bでは、そのトルクによりカンチレバー22を回動させようとする回動方向が互いに逆方向となる。したがって、磁石体21全体として、周辺磁界が作用したときのトルクを相殺できカンチレバー22の変位を抑制することができる。それ故、本例の傾斜センシング部21a、21bでは、地磁気等の周辺磁界の影響により磁石体21が変位するおそれが少なく、精度良く傾斜角を計測可能である。なお、単一の磁石体によって磁石体21を構成することも可能である。
- [0060] さらに、上記磁石体21では、同図(a)に示すごとく、第1の磁石体21aの周辺に作用する磁界と、第2の磁石体21bの周辺に作用する磁界とが閉ループ状の磁場を形成する。一方、同図(b)に示すごとく、単一の磁石体を配置した場合には、その周辺に開ループ状の磁場が形成されて周囲に磁界が漏洩し、電磁波ノイズ等の原因とな

るおそれがある。

すなわち、本例の傾斜センシング部2a、2b(図1)は、周囲への磁界の漏洩を抑制した磁石体21を備えており、周辺回路に対して電磁波ノイズの原因となるおそれが少ない。なお、本例では、上記各磁石体21a、21bの大きさは、幅(カンチレバー22の長手方向の寸法。)W0.5mm、高さ0.3mm、厚さT100ミクロンとした。

[0061] さらに、傾斜センシング部2a、2bで磁気検出ヘッド23を配置するに当たっては、磁石体21が発生する磁界方向に直交するように感磁体24を配置しても良く、磁界方向に沿うように感磁体24を配置しても良い。さらには、磁界方向に対する感磁体24の向きを任意の方向としても良い。ただし、この場合には、カンチレバー22が初期位置にあるときの磁気検出ヘッド23の出力が最大又は最小の極値とならないおそれがあるので、磁気検出ヘッド23の出力値をシフトする必要がある。

[0062] そして、傾斜センシング部2a、2bを構成する磁気検出ヘッド23(図1)は、上記磁気センシング部41～43と同一仕様のものである。すなわち、本例の傾斜センシング部2a、2bでは、磁気センシング部41～43と同様に、感磁体としてのアモルファスワイヤ24(図10)と、電磁コイル25(図10)とを組み合わせ高感度の磁気検出ヘッド23を構成してある。

[0063] 傾斜センシング部用のICチップ12は、図10に示すごとく、上記磁気センシング部用のICチップ14(図8)とほぼ同一の仕様のものであり、上述したように、アモルファスワイヤ24に通電するパルス電流を生成する信号発生器121と、電磁コイル25の誘起電圧に応じた計測信号を出力する信号処理部122とを含む電子回路を有してなる。

[0064] なお、本例の傾斜センシング部用のICチップ12は、信号発生器121と各傾斜センシング部2a、2bの感磁体24との間の電気経路及び、信号処理部122と各電磁コイル25との間の電気経路を切り替える電子スイッチ128を有する。これにより、本例の上記2基の傾斜センシング部2a、2bは、1個の傾斜センシング部用のICチップ12を2msごとに時分割で共用している。なお、本例の傾斜センシング部2a、2bにおける磁気検出ヘッド23による磁気検出方法については、上記磁気センシング部41～43における磁気検出方法と同様なので、説明を省略する。

[0065] 以上のように、本例の小型姿勢検知センサ1では、磁気センシング部41～43及び

傾斜センシング部2a、2bを、一体的にモジュール化したものである。

また、上記3基の磁気センシング部41～43と上記2基の磁気検出ヘッド23とは同種類の磁気検出素子からなる。そのため、これらの磁気検出素子を制御する電子回路は同一原理で駆動させることができる。

そして、この小型姿勢検知センサ1では、図11に示すごとく、3基の磁気センシング部41～43が、制御用の電子回路としてのICチップ14(図8)を共用するとともに、2基の傾斜センシング部2a、2bが、制御用の電子回路としてのICチップ12(図15)を共用している。そのため、この小型姿勢検知センサ1は、小型であって、かつ、消費電力を抑えたものとなる。

- [0066] さらに、上記傾斜センシング部2a、2bでは、磁化方向M(図9)が逆向きである第1の磁石体21aと第2の磁石体21bとを、カンチレバー22の長手方向に沿って隣接して配置してある。そのため、両者を組み合わせた上記磁石体21では、地磁気等の周辺磁界によるトルクが極めて小さい。それ故、本例の小型姿勢検知センサ1では、傾斜角の検出精度が非常に高い。
- [0067] また、上記のごとく第1の磁石体21aと第2の磁石体21bとを隣接して配置することで、両者を組み合わせた磁石体21の周囲に、閉ループ状の磁場を形成できる。それ故、この磁石体21を用いた本例の小型姿勢検知センサ1は、電磁波ノイズの原因となるおそれが少なく、実装密度の高い電子基板に実装しても、周辺回路にトラブルを及ぼすおそれが少ない。
- [0068] なお、上記のごとく、本例の磁気センシング部41～43と、磁気検出ヘッド23とは同一仕様のものである。特に、傾斜センシング部2aの磁気検出ヘッド23と磁気センシング部42及び、磁気センシング部41と傾斜センシング部2bの磁気検出ヘッド23とは、アモルファスワイヤ44の長手方向も一致している。
- 即ち、上記2基の磁気センシング部41、42が、上記2基の傾斜センシング部2b、2aの磁気検出ヘッド23のそれぞれに対して平行に配置されている。
- [0069] そのため、磁気センシング部41～43におけるアモルファスワイヤ44に巻回した各電磁コイル45と、磁気検出ヘッド23におけるアモルファスワイヤ24に巻回した各電磁コイル25とは、互いに長手方向が一致するものについては、地磁気等による周辺



磁界に対して、一致した大きさの誘起電圧を出力する。

- [0070] そこで、傾斜センシング部2aの磁気検出ヘッド23の出力信号から、磁気センシング部42の出力信号を減算する補正を行えば、傾斜センシング部2aの出力信号から周辺磁界による影響を排除して、その検出精度をさらに向上できる。

即ち、傾斜センシング部2aの磁気検出ヘッド23の出力 $H_s$ は、傾斜量 $\theta$ に対応する磁気量 $k_1 H_\theta$ と、地磁気のY方向成分(磁気検出ヘッド23の感度方向成分) $H_e$ との和になり、以下の式1のように表せる。

$$H_s = k_1 H_\theta + k_2 H_e \cdots (\text{式1})$$

また、当該磁気検出ヘッド23と同一方向の磁気センシング部42の出力 $H's$ は、以下の式2のように表せる。

$$H's = k_3 H_e \cdots (\text{式2})$$

- [0071] そこで、 $k_2 = k_3$ としておけば、 $H_s$ と $H's$ との減算補正(式1)－(式2)を施して、以下の式3のように表せる。

$$H_s - H's = k_1 H_\theta \cdots (\text{式3})$$

このようにして、ノイズである地磁気の影響を排除できる。

ここで、 $k_1$ 、 $k_2$ 、 $k_3$ は磁気量についての係数である。

なお、傾斜センシング部2bについても同様である。

- [0072] さらになお、上記のごとく、本例の磁気検出ヘッド23と、磁気センシング部41～43とは同一仕様のものであり、そのうえ、磁気センシング部用のICチップ14の電子回路と、傾斜センシング部用のICチップ12の電子回路とは同一の仕様のものである。そこで、全ての磁気センシング部41～43及び、傾斜センシング部2a、2bについて、単一の制御回路を2msごとの時分割で共用することもできる。

- [0073] 即ち、図12、図13に示すごとく、5チャンネルの切替スイッチ(電子スイッチ158)を有する電子回路としてのICチップ15を1個用いて時分割して、上記5基の磁気検出素子即ち3基の磁気センシング部41～43と2基の磁気検出ヘッド23とを制御するよう構成することもできる。

この場合には、上記3基の磁気センシング部41～43と上記2基の傾斜センシング部2a、2bの磁気検出ヘッド23との全てが1つの電子回路を共用することとなり、姿勢

検知センサ1全体の更なる小型化を容易に行うことができると共に、その消費電力を抑制することができる。

[0074] 即ち、上記電子回路は、磁気検出素子と回路本体とを連結する接続部を除くと、磁気検出素子の駆動回路、信号検知回路、信号処理回路、信号転送回路、及びセンサ電源回路からなる。そこで、これらの回路を、上記5基の磁気検出素子のそれぞれに対して設けるのではなく、電子スイッチ158を用いて、上記5基の磁気検出素子の制御用として一つの電子回路を共用する。これにより、電子回路の部分を大幅に小型化することが可能となり、ひいては小型姿勢検知センサ1の更なる小型化が可能となる。

[0075] このように、5軸の切替スイッチを設けて1個の電子回路にて5基の磁気検出素子を制御することにより、小型姿勢検知センサ1の小型化を図ることができる。また、上述のごとく2個の電子回路にて5基の磁気検出素子を制御する場合にも、小型化は可能である。

また、本例のように上記磁気検出素子としてMI素子を用いる場合において、上記の切替スイッチ(電子スイッチ128、148、158)を用いることは極めて有効である。即ち、MI素子は、出力の直線性及び追従性に極めて優れているため、切替スイッチにて各MI素子と電子回路との接続を切り替えた際にも良好な動作を実現することができる。

なお、図10、図12において、符号122、152は信号処理部を示し、符号122a、152aはアナログスイッチを示す。

[0076] (実施例2)

本例は、実施例1の小型姿勢検知センサに基づいて、上記基板を2枚構成とした例である。この内容について、図14～図15を用いて説明する。

本例の基板10は、少なくとも磁気センシング部41～43のうち、基板10の法線方向(図1中、符号10cの矢印で図示するZ軸方向。)の磁界強度を検出する垂直磁気センシング部43を配置する第1の基板101と、該第1の基板101に保持した第2の基板102とよりなる。そして、垂直磁気センシング部43は、第1の基板101における上記第2の基板102側に面する実装表面のうち、第2の基板102に対面しない部分に実

装してある。さらに、本例の小型姿勢検知センサ1では、基板101の実装表面のうちの第2の基板102に対面しない表面には、磁気センシング部41、42やICチップ12、14等と比べて、高さ方向の寸法が大きい傾斜センシング部2a、2bも配置してある。

[0077] 本例では、第2の基板102は、2箇所の貫通孔105を設けた両面実装基板である。そして、第2の基板102における第1の基板101の実装面と同じ側に面する第1実装面102aには、該第1実装面102aに平行であって、かつ、互いに直交する2軸方向の磁界強度を検出する2基の磁気センシング部41、42と、各磁気センシング部41～43を制御する磁気センシング部用のICチップ12を実装してある。また、第2の基板102における第1実装面102aの裏面に当たる第2実装面102bには、各傾斜センシング部2a、2bを制御する傾斜センシング部用のICチップ12を実装してある。

[0078] 上記のごとく、本例の小型姿勢検知センサ1では、第1の基板101と第2の基板102との2階構造として基板10を構成し、高さ方向の寸法が大きい部品（垂直磁気センシング部43、傾斜センシング部2a、2b等）を、両基板101、102が高さ方向に重ならない部分に効率良く配置してある。そのため、本例の小型姿勢検知センサ1は、内部素子の実装密度が高い小型のモジュールとなる。

なお、その他の構成及び作用効果については実施例1と同様である。

[0079] (実施例3)

本例は、実施例1或いは実施例2の小型姿勢検知センサを搭載した携帯電話に関する例である。この内容について、図16を用いて説明する。

本例の携帯電話6は、無線通信により双方向の音声通話を可能とするものである。そして、この携帯電話6は、内部基板65に、小型姿勢検知センサ1と、CPU（中央演算処理ユニット）を含む1チップマイコン62と、動作プログラムを格納したメモリ素子（図示略）とを実装してなる。そして、小型姿勢検知センサ1は、携帯電話6を原点としてX軸、Y軸、Z軸の各軸周りの回転角、すなわち、ロール角、ピッチ角、ヨー角の姿勢情報をマイコン62に向けて出力するように構成してある。なお、本例の小型姿勢検知センサ1は、縦5.5mm、横5.5mm、高さ1.5mmと、非常にコンパクトに構成されたものである。

[0080] この携帯電話6は、インターネットブラウザとしての機能を備えており、液晶画面61

上にインターネット上の各種の情報を表示するように構成してある。この携帯電話6では、該携帯電話6自体を傾けることにより、その傾き方向に向けて液晶画面61に表示する内容をスクロールできるように構成してある。すなわち、マイコン62は、上記メモリ素子に格納した動作プログラムにより、小型姿勢検知センサ1が出力した上記姿勢情報に応じた液晶画面61のスクロール量を演算するように構成してある。

本例の携帯電話6によれば、その操作面63に配置した操作ボタン630による操作を補助して、使用者の操作負担を軽減することができる。

なお、その他の構成及び作用効果については、実施例1或いは実施例2と同様である。

[0081] (実施例4)

本例は、図17～図22に示すごとく、カンチレバー22の自由端222の回動方向の両側に、上記カンチレバー22の過変位を防ぐストッパ51、52を配設した小型姿勢検知センサ1の例である。

[0082] また、本例においては、カンチレバー22の固定端221を支持する支持ポスト280を、断面略L字状に形成している。

即ち、図21、図22に示すごとく、上記支持ポスト280は、上記固定端221を接合した基体部281と、上記カンチレバー22との間に間隙289を設けつつ基体部281からカンチレバー22の自由端222側へ延設された延設部282とを有する。そして、カンチレバー22の自由端222における、上記間隙289側と反対側の面に、磁石体21が配設されている。

[0083] 支持ポスト280とカンチレバー22と磁石体21とが結合されて傾斜感知部品20が構成されている。

支持ポスト280の寸法は、例えば、幅 $w$ が0.6mm、長さ $a_1$ が2.0mmであり、基体部281の高さ $h_1$ が0.4mm、延設部282の高さ $h_2$ が0.3mmであり、基体部281の長さ $a_2$ が0.4mmとすることができる。

[0084] また、磁石体21の寸法は、例えば、長さ $L$ を0.2～0.6mm、幅 $W$ を0.2～0.8mm、高さ $H$ を0.05～0.2mmとすることができる。ここで、長さとは、カンチレバー22の固定端221から自由端222へ向かう方向に沿った長さである。また、上記幅 $W$ は、

上記長さLの方向に直交すると共にカンチレバー22の表面に平行となる方向についての長さである。また、上記高さHは、カンチレバー22の表面に直交する方向の長さである。

[0085] 上記一対のストッパー51、52のうち一方のストッパー52は、支持ポスト280と一体化されている。即ち、支持ポスト280の延設部282が上記ストッパー52となっている。

また、カンチレバー22の自由端222を挟んでストッパー52と反対側の位置には、支持ポスト280とは独立したストッパー51が基板10上に固定されている。

[0086] そして、上記ストッパー51は、傾斜感知部品20におけるカンチレバー22の自由端222の側方に配置されている。図19に示すごとく、このストッパー51と傾斜感知部品20の延設部282(ストッパー52)との間の間隔d1は、例えば0.4mmとすることができる。

また、例えば、カンチレバー22の自由端222に配設された磁石体21とストッパー51との間の間隔d2は0.18mmとし、カンチレバー22の自由端222とストッパー52(延設部282)との間の間隔d3は0.08mmとすることができる。

[0087] また、ストッパー51の基板10に対する立設方向の長さw3は、支持ポスト280の立設方向の長さと同程度とすることが好ましく、例えば0.55mmとすることができる。また、カンチレバー22に対して垂直な方向の長さh3は0.5mm、カンチレバー22に平行な方向の長さa3は0.9mmとすることができる。

また、ストッパー51及び支持ポスト280は、Si(シリコン)からなり、カンチレバー22は、Ni-P合金からなる。

その他は、実施例1と同様である。

[0088] 本例の場合には、小型姿勢検知センサ1に大きな衝撃が加わって、カンチレバー22に大きな力が加わった場合にも、図20に示すごとく、カンチレバー22の自由端222が上記ストッパー51(又はストッパー52)に当接することにより、必要以上の変位(過変位)を防ぐことができる。これにより、カンチレバー22の変形、破損を防ぐことができる。

[0089] また、一方のストッパー52は、支持ポスト280と一体化されているため、小型姿勢検知センサ1の部品点数を少なくすることができ、組み付け容易性、コスト面において有

利となる。

[0090] また、上記支持部材280は、基体部281と延設部282とを有するため、カンチレバー22を固定した支持部材280(傾斜感知部品20)を、基板10に取付ける際における、傾斜感知部品20の取り扱いを容易にすることができる。

[0091] 即ち、傾斜感知部品20を取り扱う際には、カンチレバー22の変形を防止するため、それ以外の部分、即ち、支持部材280を把持することが好ましい。そこで、支持部材280の形状を上記の形状とすることにより、支持部材280を把持しやすくし、傾斜感知部品20の取扱いを容易にすることができる。

なお、上記支持部材280の長さa1をカンチレバー22の長さよりも若干(例えば0.1 mm程度)長くすることにより、支持部材280の長手方向の両端部を把持したとき、カンチレバー22に触れないようにすることが容易となる。

その他、実施例1と同様の作用効果を有する。

### 請求の範囲

- [1] 互いに直交する3軸方向の磁界強度を検出する3基の磁気センシング部と、互いに直交する2軸周りの傾斜角度を検出する2基の傾斜センシング部とを有し、  
該傾斜センシング部は、傾斜角度に応じて変位するよう構成された磁石体を有するカンチレバーと上記磁石体の変位の変化量を検知する磁気検出ヘッドとからなり、  
上記3基の磁気センシング部と上記2基の磁気検出ヘッドとは同種類の磁気検出素子からなり、  
これら合計5基の磁気検出素子を制御する少なくとも1個以上の電子回路と、上記3基の磁気センシング部と、上記2基の傾斜センシング部とを、一つのパッケージにモジュール化してなることを特徴とする小型姿勢検知センサ。
- [2] 請求項1において、上記3基の磁気センシング部を構成する磁気検出素子及び上記2基の磁気検出ヘッドを構成する磁気検出素子は、マグネト・インピーダンス・センサ素子からなることを特徴とする小型姿勢検知センサ。
- [3] 請求項1又は2において、上記カンチレバーは、短冊状の梁形状からなり、一方の端部を支持ポストを介して上記パッケージの基板に配設し、他方の端部に上記磁石体を配設し、上記カンチレバーの主面の法線方向に回動する片持梁状を呈し、その回動方向が上記基板の表面に平行となるよう配設されていることを特徴とする小型姿勢検知センサ。
- [4] 請求項1～3のいずれか一項において、切替スイッチを有する上記電子回路を2個用いて時分割して、上記5基の磁気検出素子を制御するよう構成してあることを特徴とする小型姿勢検知センサ。
- [5] 請求項1～3のいずれか一項において、切替スイッチを有する上記電子回路を1個用いて時分割して、上記5基の磁気検出素子を制御するよう構成してあることを特徴とする小型姿勢検知センサ。
- [6] 請求項1～5のいずれか1項において、上記傾斜センシング部の上記磁気検出ヘッドが測定した磁界の値から、上記磁気検出ヘッドと平行に配置された磁気センシング部が測定した磁界の値を差し引き補正する機能を有することを特徴とする小型姿勢検知センサ。

- [7] 請求項1～6のいずれか1項において、上記小型姿勢検知センサは、縦6mm以下、横6mm以下、高さ2mm以下の小型の表面実装用のチップからなることを特徴とする小型姿勢検知センサ。
- [8] 請求項1～7のいずれか1項に記載の小型姿勢検知センサと、中央演算処理ユニットと、動作プログラムを格納するメモリ素子とを有してなり、  
上記中央演算処理ユニットが、上記磁気検知センサの出力信号を取り込み、上記動作プログラムで規定された所定の動作を実行するように構成されていることを特徴とする携帯電話。



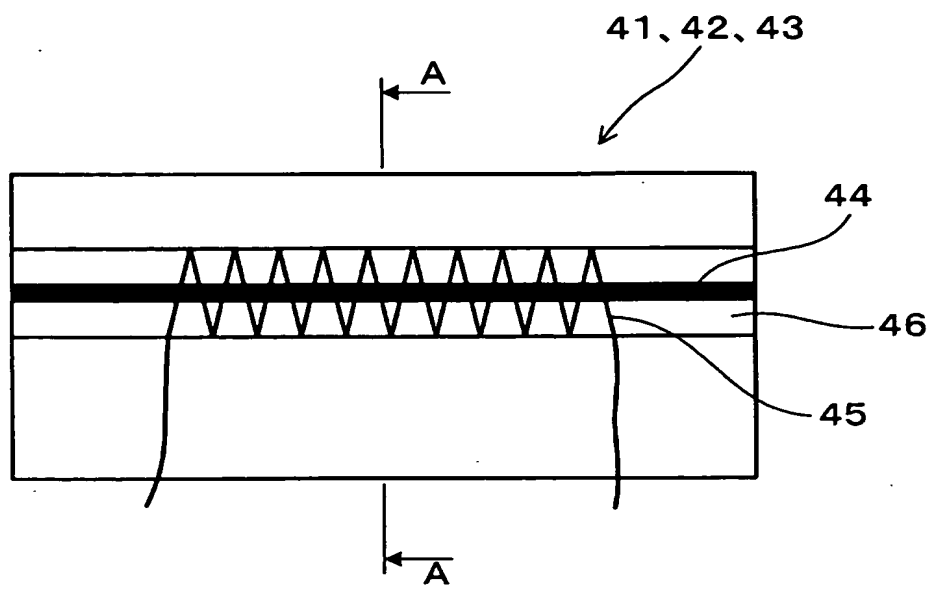
## 要 約 書

小型姿勢検知センサ1は、互いに直交する3軸方向の磁界強度を検出する3基の磁気センシング部41～43と、互いに直交する2軸周りの傾斜角度を検出する2基の傾斜センシング部2a、2bとを有する。傾斜センシング部2a、2bは、傾斜角度に応じて変位するよう構成された磁石体21を有するカンチレバー22と磁石体21の変位の変化量を検知する磁気検出ヘッド23とからなる。3基の磁気センシング部41～43と2基の磁気検出ヘッド2a、2bとは同種類の磁気検出素子からなる。これら合計5基の磁気検出素子を制御する少なくとも1個以上の電子回路と、3基の磁気センシング部41～43と、2基の傾斜センシング部2a、2bとを、一つのパッケージにモジュール化してなる。



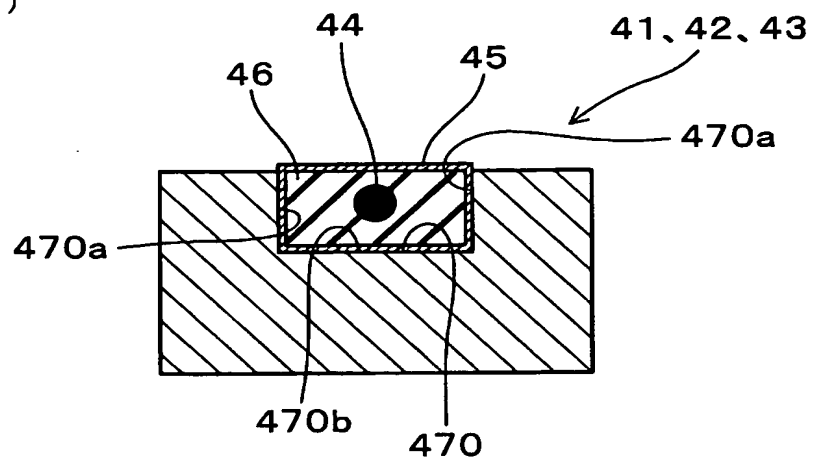
[図2]

(図 2)



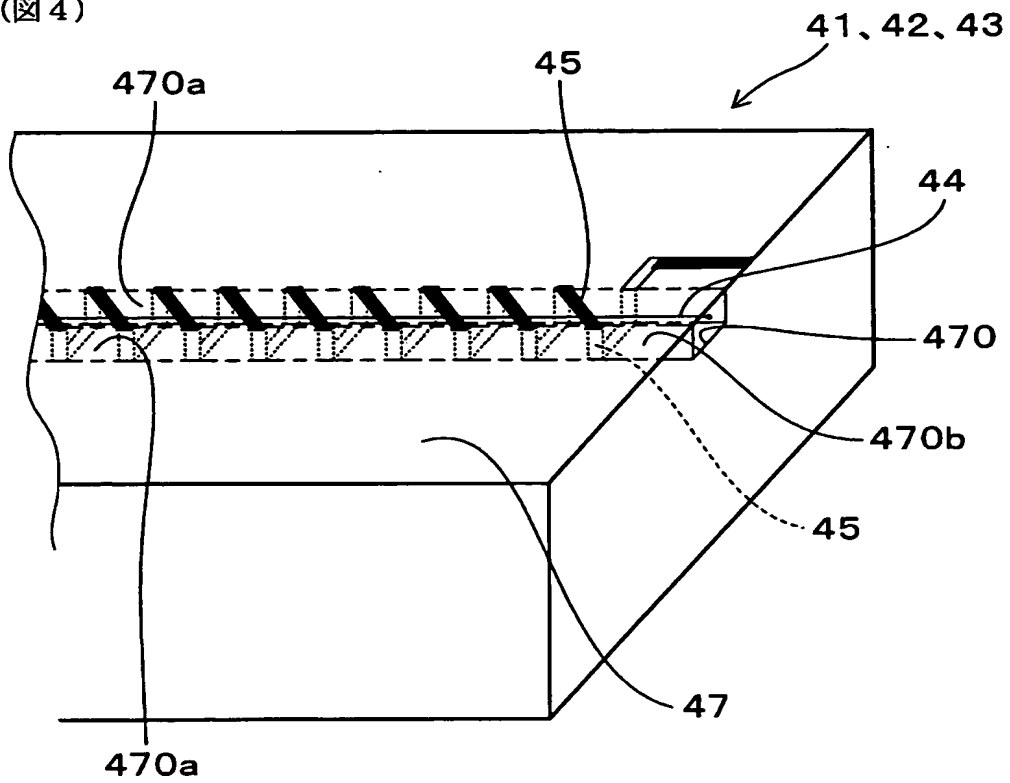
[図3]

(図 3)



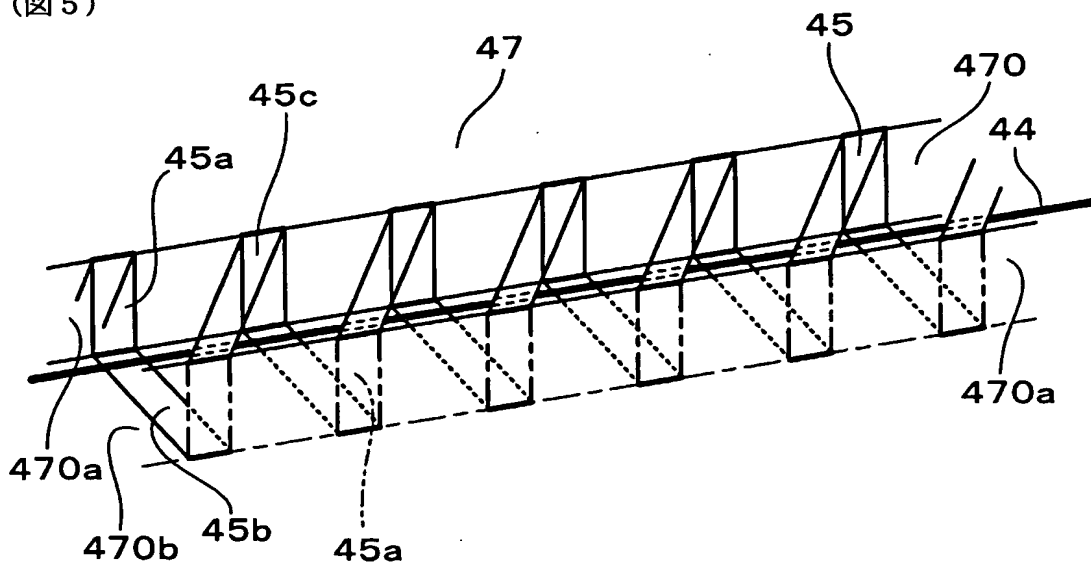
[図4]

(図4)



[図5]

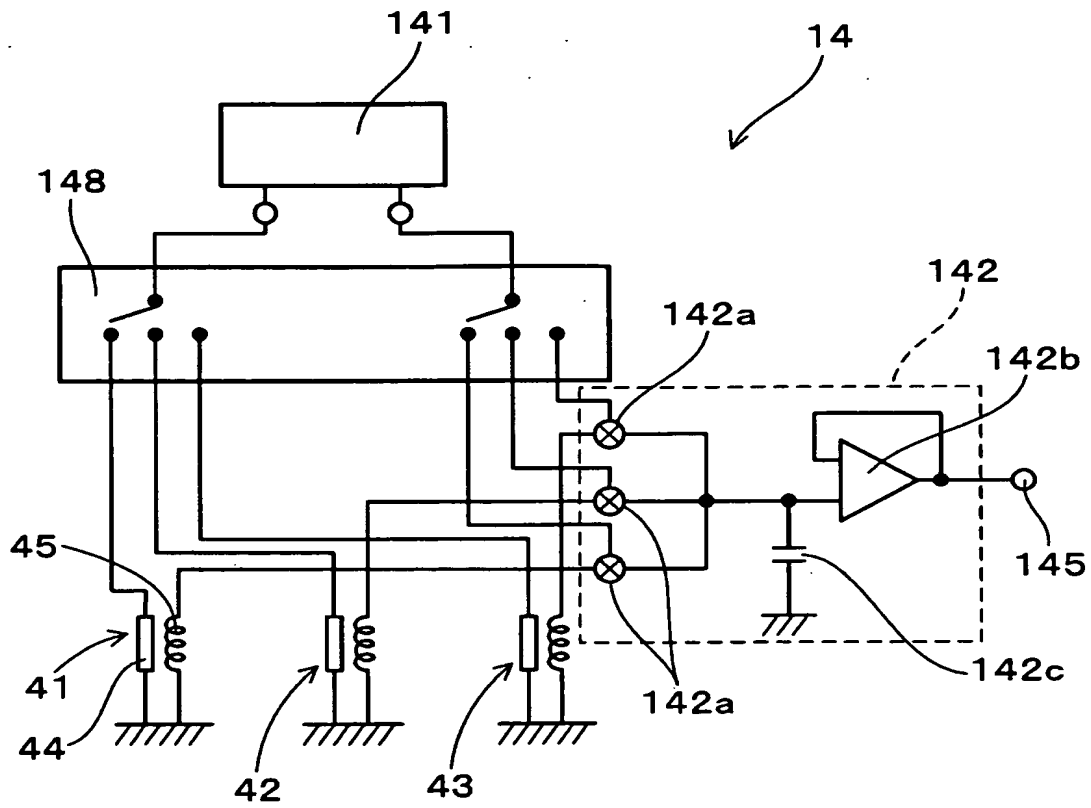
(図5)





[図8]

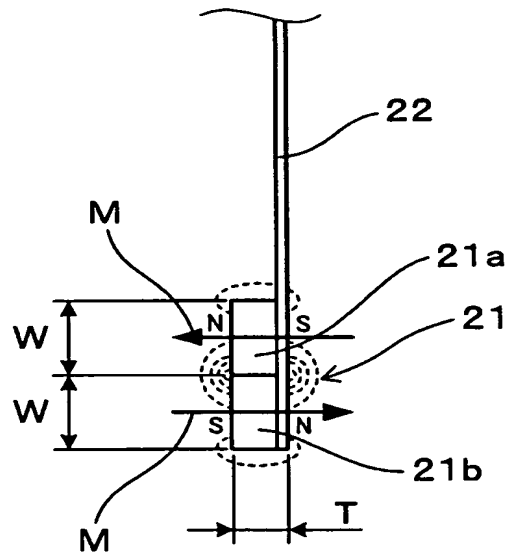
(図8)



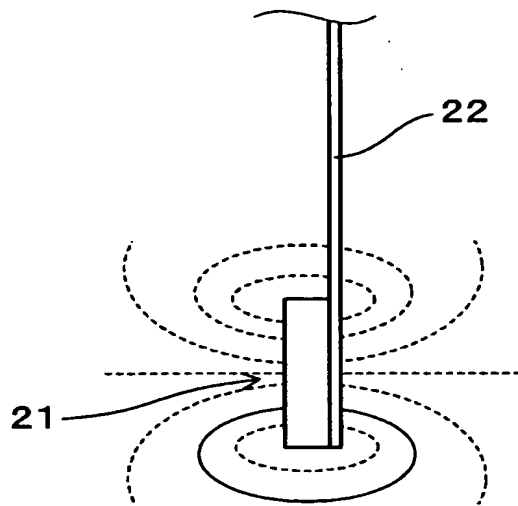
[図9]

(図 9)

(a)

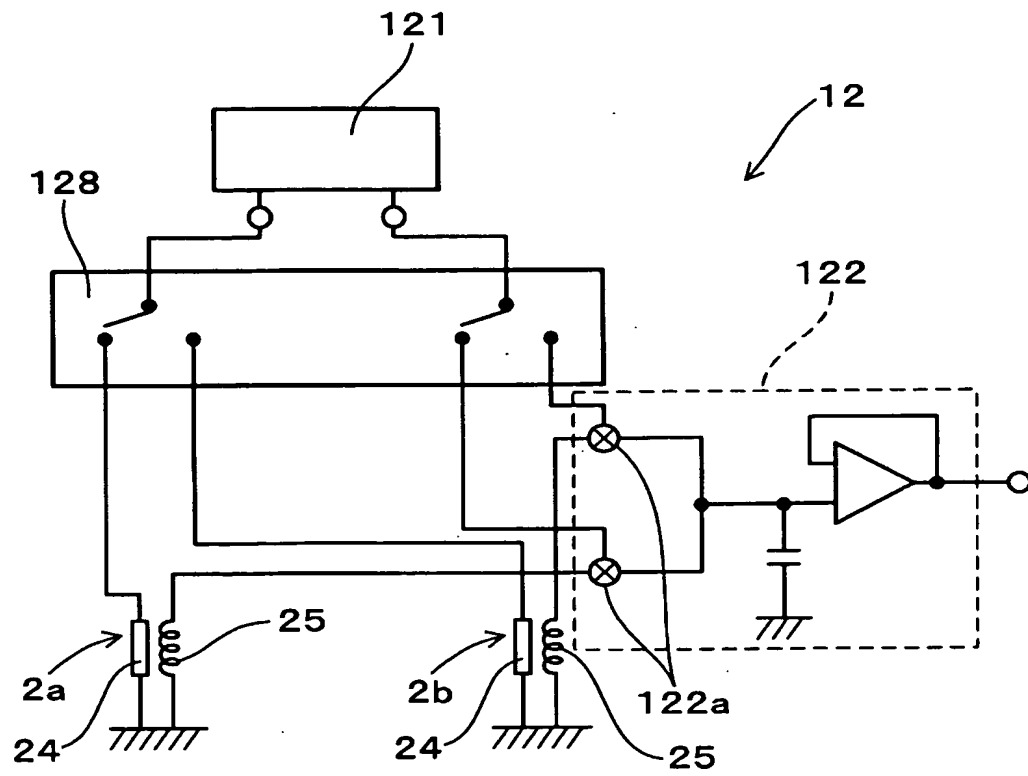


(b)



[図10]

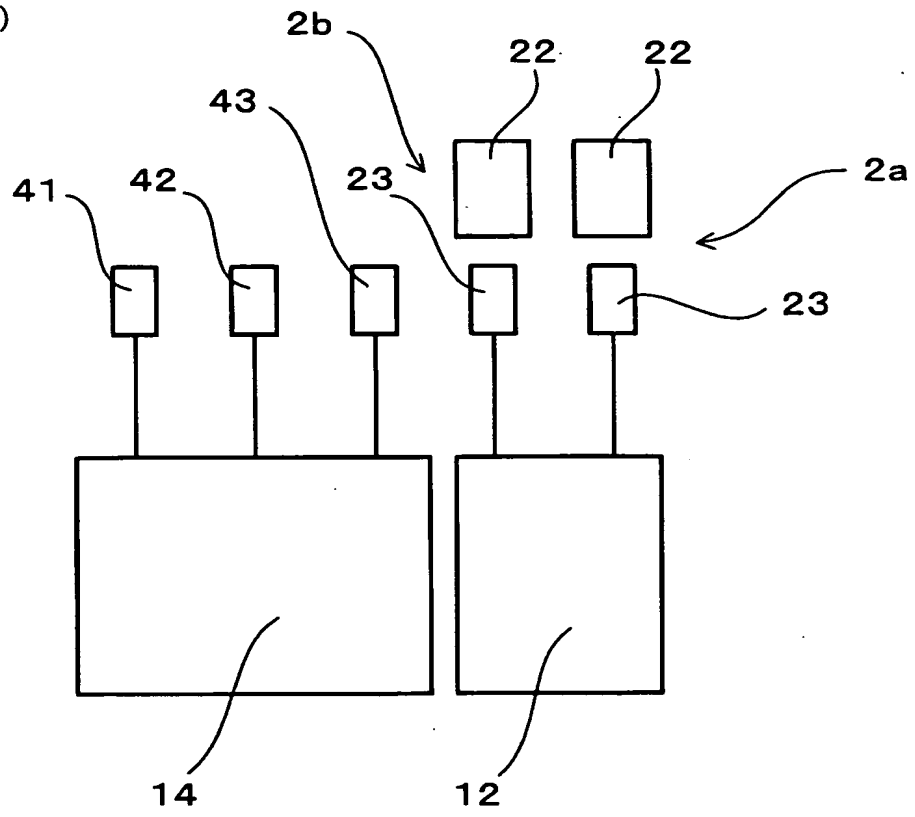
(図 10)





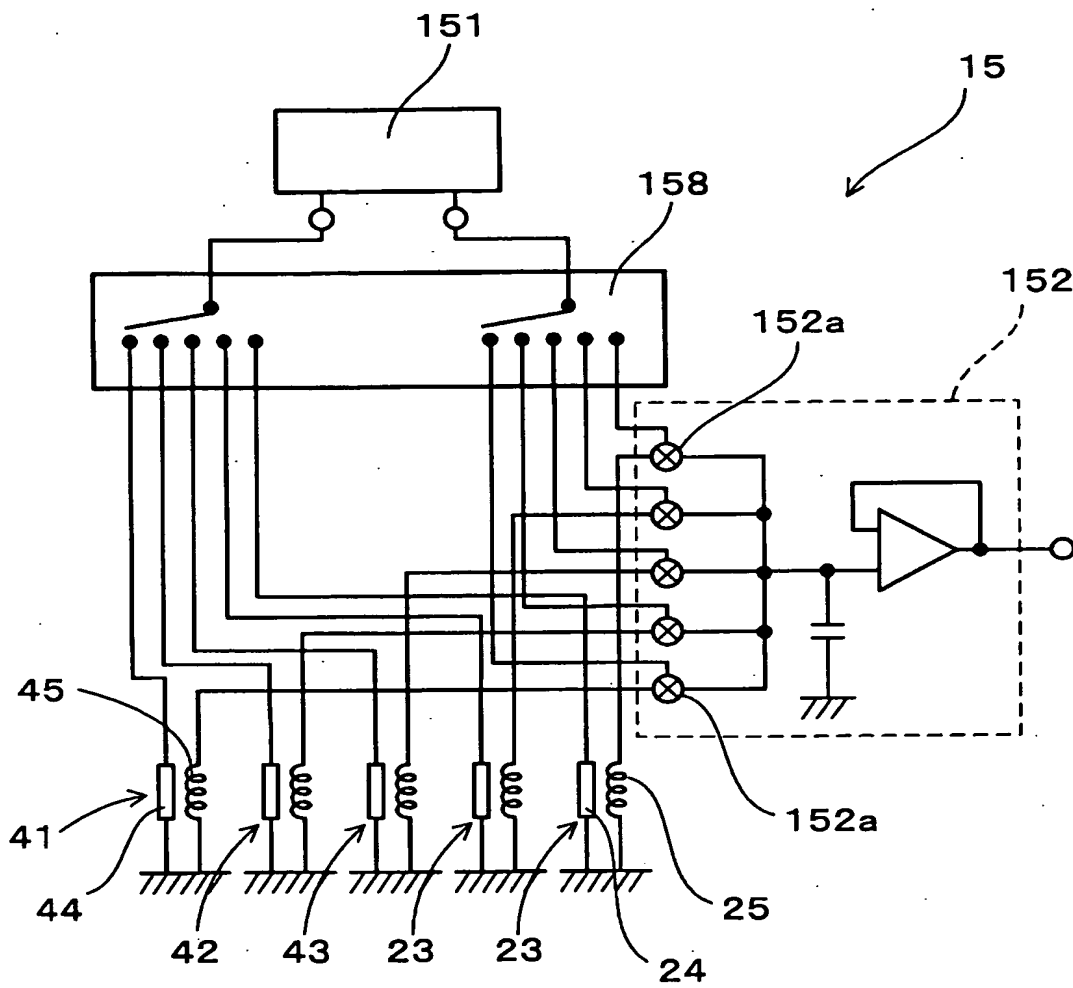
[図11]

(図 11)



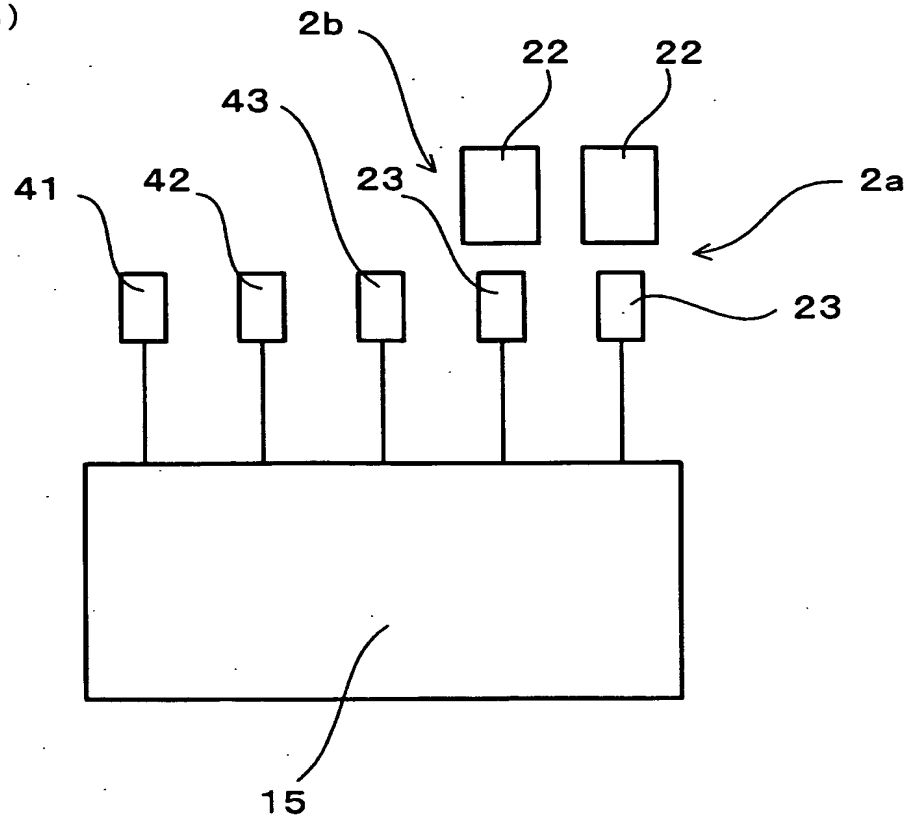
[図12]

(図 1 2)



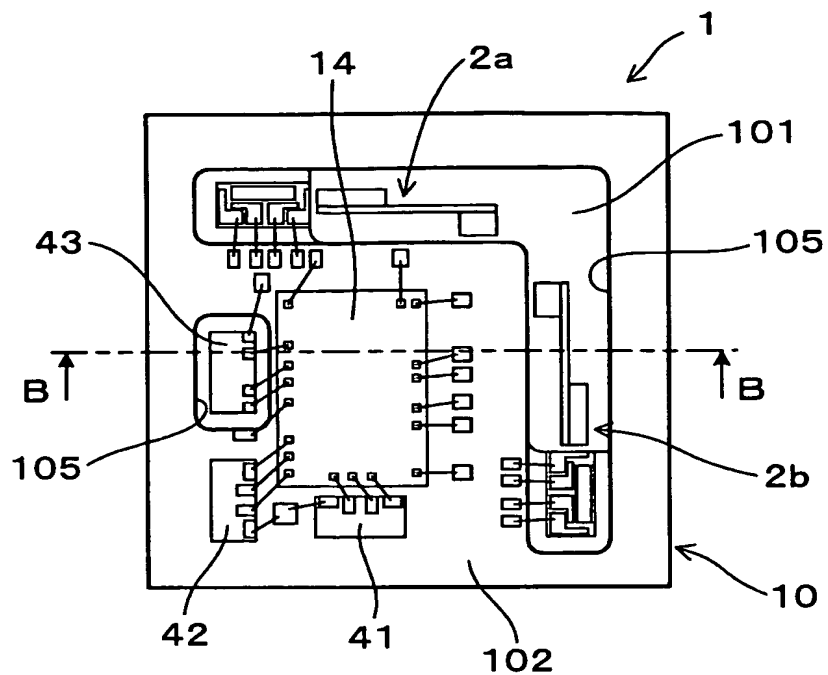
[図13]

(図 13)



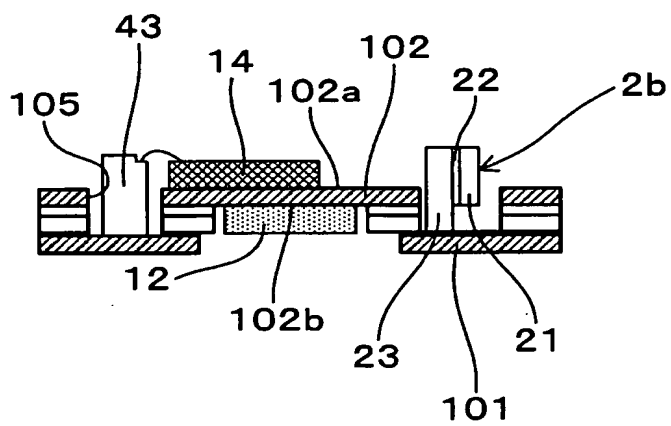
[図14]

(図 1 4)



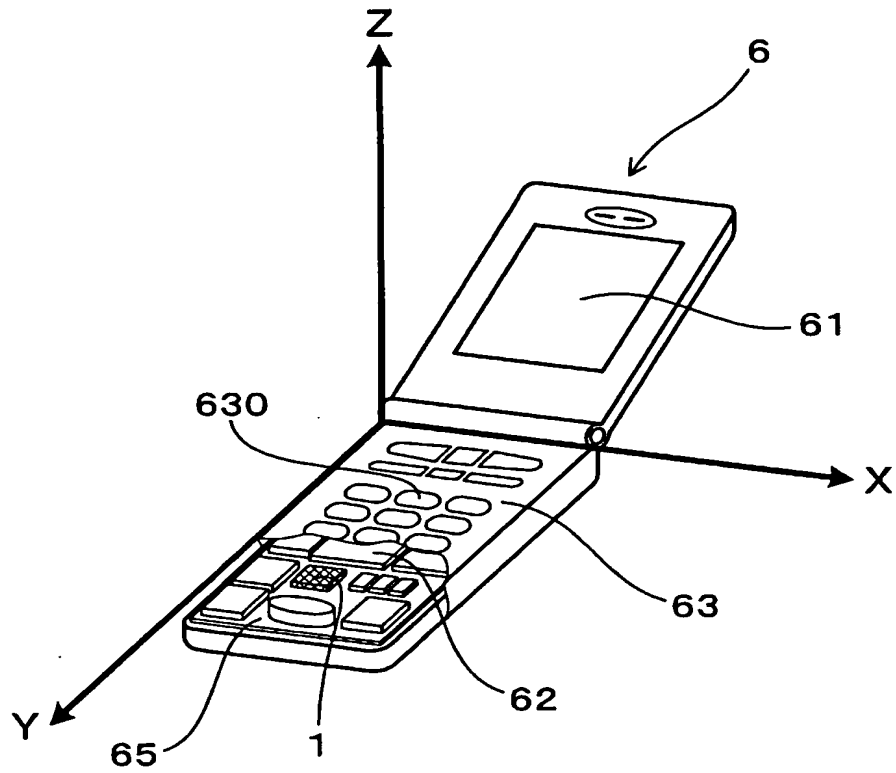
[図15]

(図 1 5)



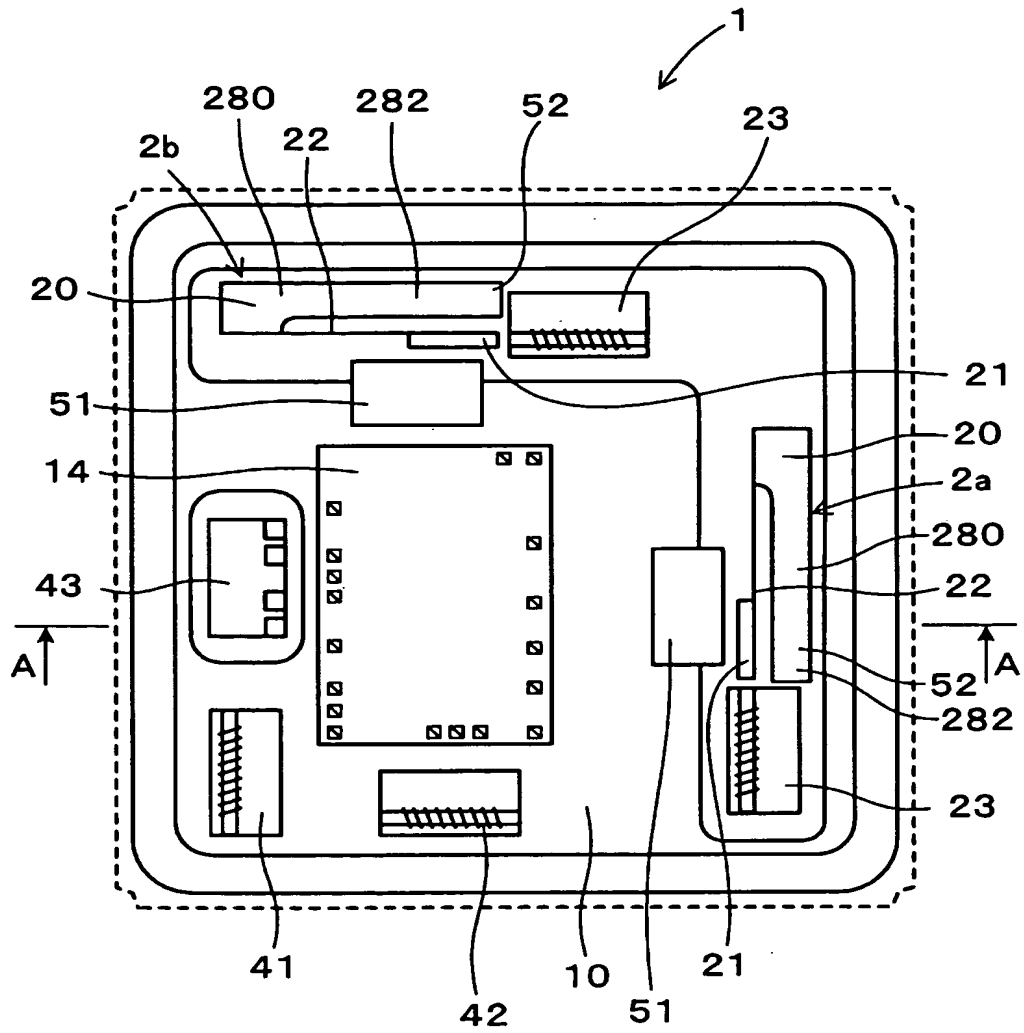
[図16]

(図 16)



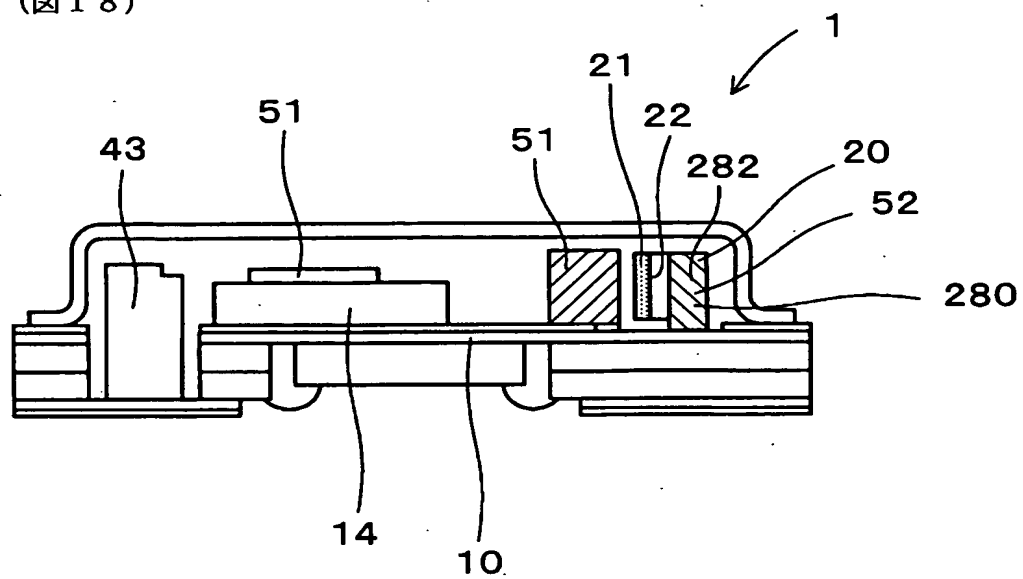
[図17]

(図 17)



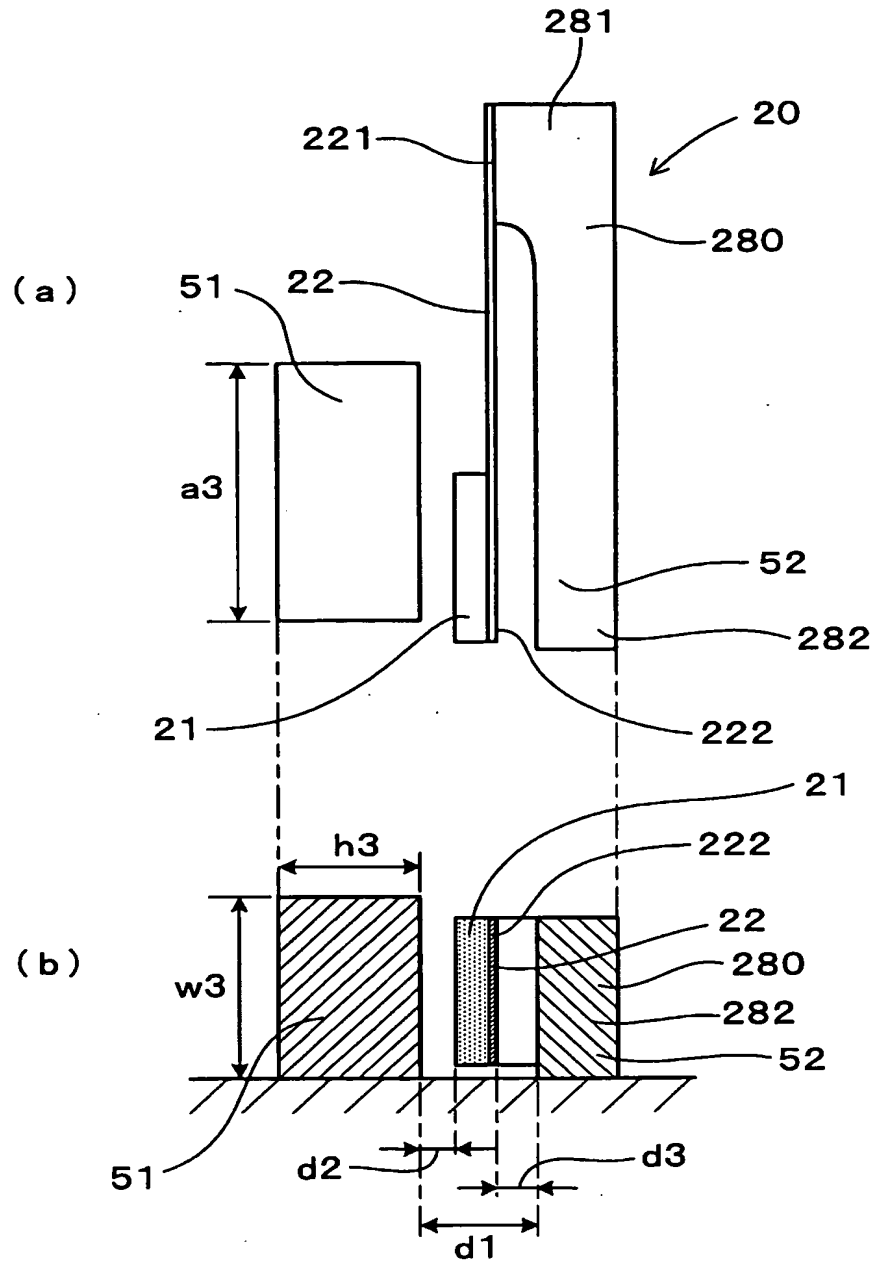
[図18]

(図 18)



[図19]

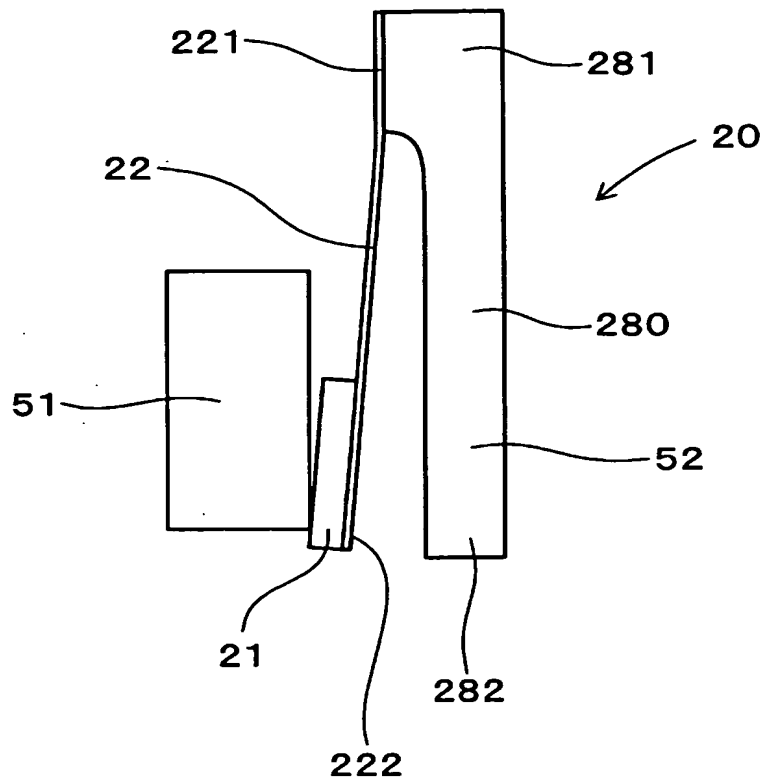
(図 19)





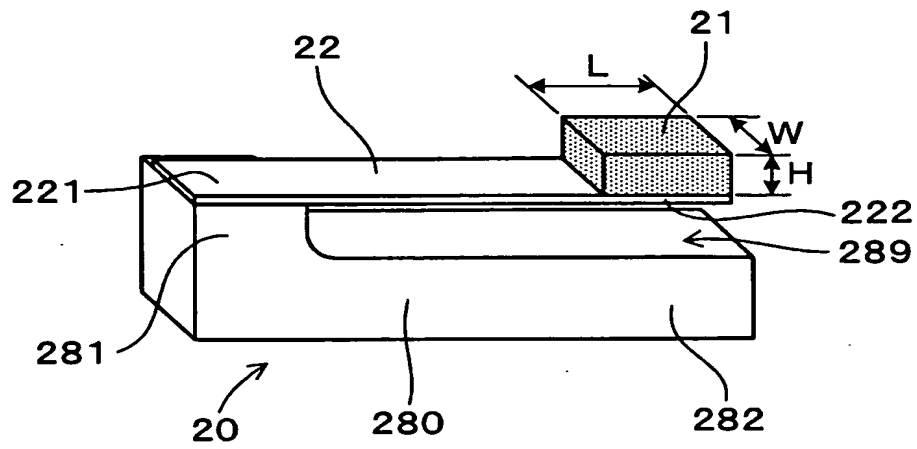
[図20]

(図 20)



[図21]

(図 2 1)



[図22]

(図 2 2)

